

## LA RESISTENCIA DEL AIRE EN EL CICLISMO

Todos nos hemos maravillado alguna vez con la gesta protagonizada por algún escapado del pelotón y hemos lamentado, cuando así ha sucedido, que en los últimos metros de carrera fuera capturado. Entre los no practicantes del ciclismo pocas veces se le da a una escapada la consideración que realmente merece. Con la lectura del presente artículo se valorará mucho más el duro trabajo del escapado, que muchas veces roza la hazaña, y se comprenderá mejor el porqué de la facilidad del pelotón dándole caza.

Cualquiera que haya tenido la oportunidad de pedalear en grupo sabe por experiencia lo muy diferente que es estar en las posiciones de cabeza, y no digamos en la primera posición, o al cobijo del pelotón. Evidentemente la razón es la resistencia del aire, factor de cuya importancia todos sabemos intuitivamente y al cual vamos aquí a conocer en todo su alcance cuantificándolo adecuadamente. Para ello es inevitable hacer unos cuantos números muy fáciles de comprender.

La Física nos enseña que el empuje del viento sobre una superficie plana perpendicular a él viene dado por la fórmula siguiente:

$$F = 0,007 \cdot v^2 \cdot S$$

siendo,

F ..... la fuerza ejercida en kilogramos

v ..... la velocidad del viento en km/h

S ..... el área de la superficie plana en m<sup>2</sup>

Si en vez de tratarse de una superficie plana, se trata de una superficie cilíndrica convexa, como por ejemplo un tubo, la fuerza ejercida es el 60% del valor dado por esta fórmula.

Para estudiar la acción real del viento sobre determinados cuerpos no hay más remedio que hacer ensayos en el túnel aerodinámico, pues las fuerzas ejercidas dependen sobre todo de la forma física de esos cuerpos. Así, en efecto, la industria estudia el comportamiento de los prototipos de automóviles, aviones y lógicamente los cascos aerodinámicos usados por los ciclistas en las contrarreloj.

No obstante, el caso de un ciclista sobre su bicicleta puede estudiarse de manera aproximada con la fórmula dada anteriormente, pues gran parte de la bici está constituida por partes cilíndricas (o parecidas a cilindros) como los neumáticos, los radios, el cuadro, las vainas, la horquilla, etc..., e incluso también el ciclista, ya que la cabeza, el cuello, los brazos, las piernas y el tronco tienen formas redondeadas asimilables a cilindros.

Al no ser la forma exactamente cilíndrica, la resistencia es algo mayor de manera que la fuerza ejercida por el aire puede tomarse un 70% (en vez del 60% para las superficies cilíndricas) del valor dado por la fórmula anterior.

Por consiguiente la resistencia del aire sobre el ciclista y su bici puede expresarse así:

$$F = 0,7 \cdot 0,007 \cdot v^2 \cdot S = 0,005 \cdot v^2 \cdot S \quad [1]$$

siendo,

v ..... la velocidad relativa del ciclista respecto del aire

S..... la superficie del ciclista y de la bicicleta expuesta al aire

Se observa que **la resistencia del aire es directamente proporcional a la superficie y al cuadrado de la velocidad**. A doble superficie corresponde una fuerza doble, pero a doble velocidad la fuerza no se duplica sino que es cuatro veces mayor.

La velocidad v es la relativa respecto del aire. Por ejemplo, con viento en calma si el cuentakilómetros marca 30 km/h, ésta es la velocidad v. Pero con viento en contra de 20 km/h si el cuentakilómetros marca 30 km/h, la velocidad v será de 20+30 = 50 km/h.

La superficie S depende de la corpulencia del ciclista y de la talla de la bici. Para un ciclista medio en posición normal de pedaleo y una bicicleta media puede tomarse  $S = 0,4 \text{ m}^2$ , con lo que la fórmula [1] queda:

$$F = 0,005 \cdot 0,4 \cdot v^2 = 0,002 \cdot v^2 = (v/10)^2 / 5$$

es decir, **la resistencia del aire en kg se halla dividiendo por 10 la velocidad relativa en km/h, elevando ese valor al cuadrado y dividiendo por 5**.

Por ejemplo

para v = 30 km/h es  $F = 3^2 / 5 = 1,8 \text{ kg}$

para v = 50 km/h es  $F = 5^2 / 5 = 5 \text{ kg}$

En la tabla siguiente se da el valor de la resistencia del aire para varias velocidades relativas:

v (km/h)	10	20	30	40	50
F (kg)	0,2	0,8	1,8	3,2	5
v (km/h)	60	70	80	90	100
F (kg)	7,2	9,8	12,8	16,2	20

Puede observarse que **según crece la velocidad la resistencia del aire crece mucho más deprisa**. A 20 km/h sólo es de 0,8 kg mientras que a 50 km/h es de 5 kg.

La resistencia del aire tiene distinta influencia según cuál sea la posición dentro del pelotón. En la posición de cabeza la velocidad relativa ciclista-aire es la máxima mientras que en una posición interna del pelotón el aire, arrastrado por éste, se desplaza casi a la misma velocidad

con la que se desplaza el grupo, de manera que la velocidad relativa ciclista-aire es muy pequeña.

Veamos qué ocurre en un pelotón que circula a 40 km/h con viento en calma. En la cabeza del mismo la velocidad relativa ciclista-aire es de 40 km/h mientras que en una posición media o final la velocidad relativa ciclista-aire es, como se ha dicho antes, prácticamente nula. Por consiguiente la fuerza ejercida por el aire sobre el ciclista de cabeza es de 3,2 kg mientras que la fuerza ejercida sobre los ciclistas de la masa del pelotón es insignificante.

Si el pelotón circula a 40 km/h con un viento de cara de 20 km/h, en la cabeza del pelotón la velocidad relativa ciclista-aire es lógicamente de 60 km/h y la resistencia del aire es nada menos que de 7,2 kg, siendo igualmente despreciable la resistencia ejercida en las posiciones internas del pelotón, como se ha dicho antes.

Se observa la gran influencia que ejerce el viento sobre las posiciones de cabeza y su poca influencia para el resto de las posiciones del pelotón. En estas posiciones las resistencias a vencer por el ciclista son sólo las de rodadura y las fricciones mecánicas de la bicicleta mientras que en las posiciones de cabeza del pelotón hay que añadir además la del aire, que es muy superior a las anteriores.

Por consiguiente es la resistencia del aire la que hace que el pelotón vaya unido y, como su efecto sólo se siente en las primeras posiciones, obliga a los relevos continuos para repartir el tremendo esfuerzo de "cortar el aire". Cuando por la razón que sea (pinchazo, caída, ...) alguien se descuelga de un pelotón que va a buen ritmo, es extremadamente difícil volver a conectar con sólo el esfuerzo propio. Por ello los compañeros de equipo deben bajar en su ayuda y ya con el esfuerzo de todos la tarea es mucho más fácil.

En los tramos de escalada la carrera siempre suele romperse. La razón es simple: la velocidad de subida de una cuesta empinada es baja y en consecuencia la resistencia del aire es despreciable por lo que el efecto de arropamiento del pelotón desaparece. Los ciclistas menos fuertes ya no tienen el cobijo del pelotón y se van descolgando. Cada uno es abandonado a sus propias fuerzas.

En las etapas contrarreloj individual cada ciclista cuenta, igual que en el caso anterior, con sólo sus fuerzas por lo que toda la resistencia del aire debe vencerla él y, por tanto, debe equiparse adecuadamente para disminuir al máximo dicha resistencia; debe usar ropa ceñida, camiseta o mono sin los tradicionales bolsillos en la espalda, casco aerodinámico y pedalear en posición más agachada para aminorar la superficie de exposición al aire. Por eso en estas etapas está prohibido que un ciclista vaya a la rueda de otro.

En las etapas normales no procede el uso del casco aerodinámico porque la resistencia del aire sólo afecta a las posiciones de cabeza en las que el relevo es continuo.

Donde mayor es la resistencia del aire, aunque su influencia no es muy significativa en la marcha de la carrera, es en los tramos de descenso, en los que, como se ve en la tabla anterior, a 100 km/h con viento en calma es de 20 kg (!!). Por ello los corredores adoptan la posición de descenso agachándose al máximo.

Es muy interesante y aleccionador cuantificar la energía "derrochada" por un ciclista que protagoniza una escapada. Supongamos, por ejemplo, que la escapada tiene lugar durante 150 km en terreno llano a una velocidad de 40 km/h con el viento en calma. La resistencia del aire sería de 3,2 kg y el trabajo desarrollado debido solamente a esta resistencia, que como sabemos se obtiene multiplicando la fuerza por el espacio recorrido, sería:

Trabajo = 3,2 kg · 150.000 m = 480.000 kilográmetros = 1.127 kilocalorías

puesto que 1 kilocaloría = 426 kilográmetros. Como observamos, el trabajo mecánico exterior desarrollado es de 1.127 kilocalorías, pero la energía interna gastada por el ciclista es cuatro veces este valor (4.507 kilocalorías !!), puesto que el rendimiento de los músculos es del 25%. Esta energía es ahorrada por el ciclista que va en medio del pelotón.

Para tener una idea más real de la cuantía del trabajo anterior veamos cuál es el necesario para subir un puerto de 1.000 m de desnivel en el caso de que el peso total del ciclista y su bici sea, por ejemplo, de 70 kg:

Trabajo = 70 kg · 1.000 m = 70.000 kilográmetros = 164 kilocalorías

es decir, el 15% del trabajo obtenido en el ejemplo de la escapada. Es decir, **la energía gastada por un ciclista que recorra escapado 150 km a la velocidad de 40 km/h es similar a la energía necesaria para subir seis puertos de 1.000 m de desnivel**. Pero en esta comparación hay una importante diferencia: el escapado de una etapa sólo se cansa él, mientras que los puertos deben subirlos todos los corredores.

Por consiguiente es fácil entender que cuando se materializa una escapada de uno o de unos pocos ciclistas es porque el pelotón lo permite. Para que una escapada fructifique con todas las garantías debe estar compuesta por un grupo suficiente de corredores.

Se comprende, pues, que el corredor que realiza la hazaña de una escapada importante, en las siguientes etapas no esté para muchos dispendios físicos. Y se comprende también por qué las temidas "pájaras" asaltan con tanta frecuencia a los escapados y la facilidad del pelotón dándoles caza. Por ello las escapadas no suelen llevarse a cabo con el viento en contra pues la energía gastada sería todavía mayor.

Después de todo lo visto anteriormente es fácil entender por qué un líder inteligente sólo da la cara en las etapas contrarreloj y en las etapas de montaña, evitando todo derroche superfluo de energía, lo que supone ir siempre protegido del aire por el pelotón o por su equipo y no intentar ganar etapas que claramente no tenga a tiro.

Como vemos, **la resistencia del aire es el factor que da auténtica categoría al ciclismo en equipo** haciendo necesaria la planificación de cada etapa, la adopción de la táctica más correcta y la dosificación más adecuada de las fuerzas físicas. Si la resistencia del aire no existiera, el ciclismo como competición y espectáculo sería algo monótono y aburrido pues todas las etapas se limitarían a una simple lucha contra las propias fuerzas y no tendría cabida ningún tipo de estrategia. El ciclismo no levantaría ni tantas pasiones ni tantas admiraciones como levanta.